# 第4章　　物質の状態

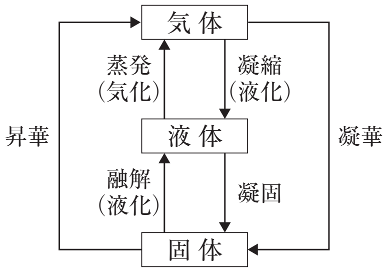
## 第12講

## 1　物質の三態

自然界の物質は，空気のような気体，海や川の水のような液体，そして岩石のような固体のいずれかの状態(物質の三態という)で存在している。その環境において，物質がどの状態にあるかは状態図を利用して判断していくとよい。

### (1)　物質の状態を決める因子

物質を構成している粒子には，粒子間引力(→第2章)がはたらいている。そして粒子は温度に比例した熱運動エネルギーをもっている。この引力と熱運動の大小関係で物質の三態が決まる。




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 粒子間引力 | ≫ | 熱運動エネルギー | → | 固体 |
| 粒子間引力 | ≪ | 熱運動エネルギー | → | 気体 |
| それ以外 | | | → | 液体 |

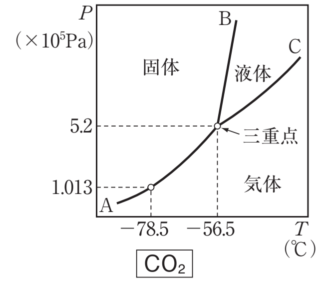
一般に，温度を上げると粒子の熱運動が激しくなり，固体は液体に，液体は気体になりやすい。また，圧力を上げると粒子間の距離が小さくなり，引力がはたらきやすくなるので気体は液体に，液体は固体になりやすい。

よって，物質の三態は温度と圧力で決まる。

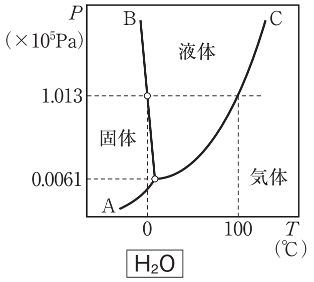
※注　水は圧力を加えると固体から液体へと変化していく。

### (2) 状態図

(1)にあるように，物質の三態は温度と圧力で決まる。各物質をふた付き容器に入れた状態(閉鎖系)で，温度と圧力を変えたとき，どの状態で存在するかを表したものが状態図である。




$CO_2$

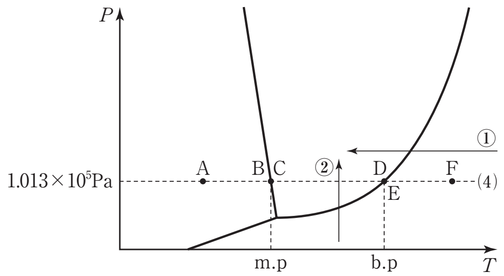



$H_2O$

A：昇華圧曲線
B：融解曲線
C：蒸気圧曲線

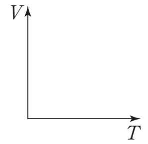
### (3) 状態変化

物質が存在している環境の条件を変化させると，物質の状態変化が起こる。この状態変化を捉えていくとき，(2)で扱った状態図を利用するとよい。

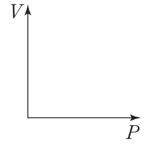



例　容器の中に気体Aがある。

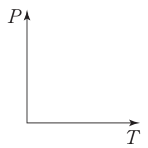
①$P$一定で$T$を下げる




②$T$一定で$P$を上げる




③$V$一定で$T$を下げる



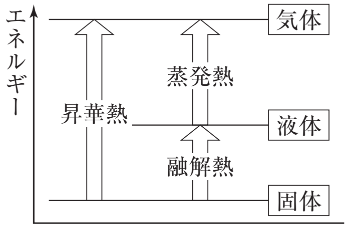



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

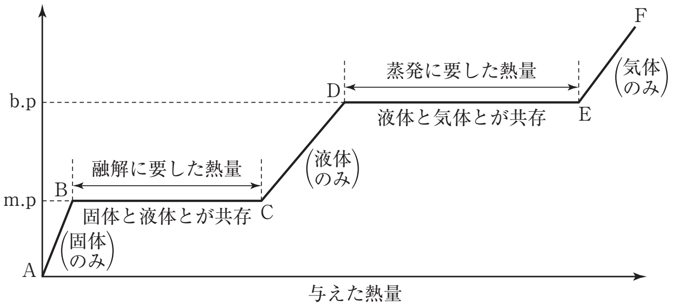
### (4) 状態変化と熱

状態変化には必ず熱の出入りがともなう。それは，固体・液体・気体それぞれが保有しているエネルギーが異なるためである。

物質1 molあたりの熱量を右に示す。




$P$一定で，物質(固体)を一定速度で加熱すると，次のような温度変化がみられる。




**例題**　大気圧のもとで，0℃の氷36 gを100℃の水蒸気に変化させるために必要な熱量(kJ)はいくらか。ただし大気圧下における$H_2O$の融解熱は6.0 kJ/mol，蒸発熱は41.0 kJ/mol，水の比熱は4.2 J/(g・K)とする。

**解**：氷($H_2O$)36 gは$\frac{36}{18}=2$ molである。

よって，(融解＋温度上昇(100℃)＋蒸発)の熱量は，

$$6.0\times2+36\times4.2\times100\times10^{-3}+41\times2=109.12$$

**答**　$1.1\times10^2$ kJ

＊熱化学で，熱量計算の公式を確認します。



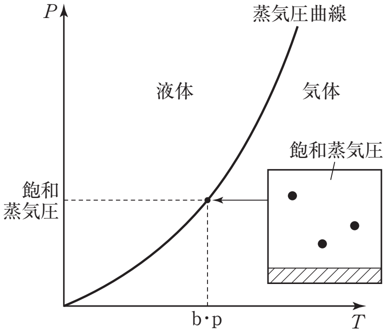
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

# 2　飽和蒸気圧

沸点の低い液体は簡単に気体(蒸気)になり，閉鎖系では気体と液体が共存しやすい。このときの気体と液体の間の平衡(気液平衡)をとらえていく。この状態変化を含む複雑な計算に対応していくためには，蒸気圧をマスターしなくてはならない。

## (1)　飽和蒸気圧

蒸気の圧力の限界値を飽和蒸気圧という。
下図のように液体と蒸気が共存し平衡状態になっている場合，蒸気の圧力は，温度が変わらない限り一定値をとる。




A(液体) ⇄ A(気体)

平衡定数$K$は

$$K=\frac{[\mathrm{A(気体)}]}{[\mathrm{A(液体)}]}$$

液体の濃度は一定とみなすことができるため，

$$K\cdot[\mathrm{A(液体)}]=[\mathrm{A(気体)}]$$

$$=\frac{P}{RT}$$

これより，蒸気の圧力は

$$P=K\cdot[\mathrm{A(液体)}]RT$$

$$=kT$$

となり，蒸気圧は温度で決まることがわかる。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

### (2)　蒸気を含む気体の計算

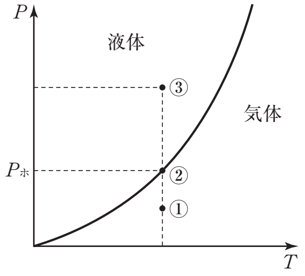
［1］の(3)で１種類の気体の状態変化を考えたが，入試問題の多くは，液化しやすい気体と液化しにくい気体の混合気体や，$V$が一定の容器が用いられている（→［1］の(3)の例③）。よって容器内に空間が確保されるため，蒸気は必ず存在する。

全て気体と仮定して蒸気の圧力$P$を求め，飽和蒸気圧（$P_{ホ}$とする）と比較する。

① $P < P_{ホ}$のとき・・・全て気体

② $P = P_{ホ}$のとき・・・液化が始まる瞬間

③ $P > P_{ホ}$のとき・・・液体＋気体




☆状態変化が絡む問題については，状態図と蒸気圧をクリアしなくてはならないが，それ以前に，第３章の気体を理解しておかなくてはならない。苦手な人は第３章から復習しよう。



©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

# 第12講　確認テスト

1　以下の文を読み，問いに答えよ。

化学では，多くの現象をグラフとして表すことができる。そのグラフからいろいろな情報が読み取れ，またいろいろな現象が説明できる。例えば，図１はある塩の水への飽和溶解度曲線を表したものである。温度が上昇するにつれて，この物質の溶解度が上昇していくことがわかる。また，この塩のある濃度の溶液の温度が下がったときに結晶が析出するという現象は，図１中の矢印１で示されている。また，同じ塩の溶液でも濃度が低いと温度を同じだけ下げても結晶が析出しないことは，矢印２で示される。

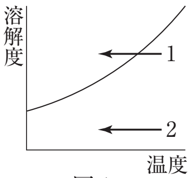


図１

次に，物質の状態と温度，圧力の関係を示したグラフを考えてみよう。

図２のあ，いは，ある二つの純物質の状態と温度，圧力の関係を示した状態図である。曲線で隔てられた領域 $x$，$y$，$z$ は，それぞれの物質が固体，液体，気体のいずれかで存在する領域を示している。身近に観察することのできる以下の現象もふまえて問いに答えよ。

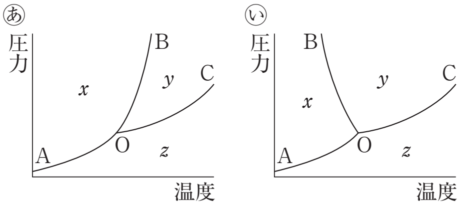


図２

現象１：氷の上に鉄球を置き，数時間後に観察すると，鉄球は氷の中に埋もれていた。この間，氷の温度は変化していなかった。

現象２：登山に行って山の上でお湯を沸かしたが，平地より低い温度で沸騰した。

現象３：氷水の入ったコップの周りに結露した。

問１　曲線で隔てられた領域 $x$，$y$，$z$ は，それぞれどのような状態を表しているか。次のア～エから正しい組み合わせを選べ。

| | $x$ | $y$ | $z$ |
|---|---|---|---|
| ア | 気体 | 液体 | 固体 |
| イ | 気体 | 固体 | 液体 |
| ウ | 固体 | 液体 | 気体 |
| エ | 固体 | 気体 | 液体 |

問２　曲線OCを越えた隣の領域への変化を何と呼ぶか。また，曲線OCを何と呼ぶか。次のア～エから正しい組み合わせを選べ。

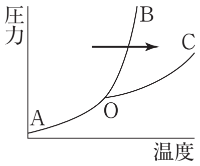
| | （変化） | （曲線OC） |
|---|---|---|
| ア | 融解 | 融解曲線 |
| イ | 凝縮 | 蒸気圧曲線 |
| ウ | 昇華 | 昇華圧曲線 |
| エ | 凝固 | 融解曲線 |

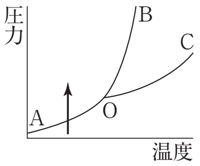


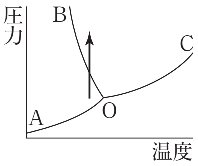
©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

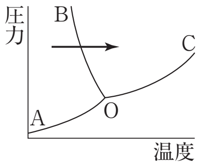
問３

⑴　現象１から考えて，図２のあ，いのうちどちらが水の状態図であるかを判断した上で，現象１の変化を矢印で書き込んだ図として，正しいものはどれか。次の中から選べ。

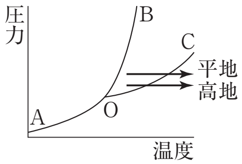
㋐


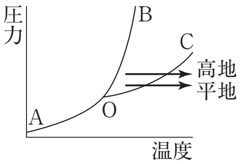

㋑


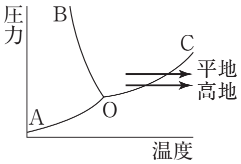

㋒


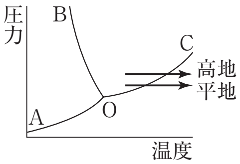

㋓



⑵　現象２において平地においての沸騰と高山においての沸騰に対応する二つの矢印を書き込んだ図で正しいものはどれか。次の中から選べ。

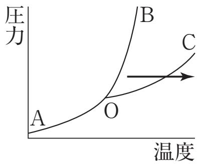
㋐


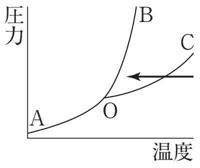

㋑


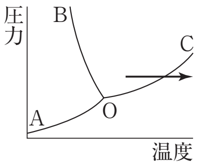

㋒


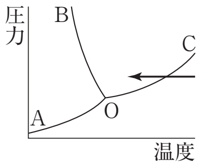

㋓



⑶　現象３の変化の過程の矢印を書き込んだ図で正しいものはどれか。次の中から選べ。

㋐



㋑



㋒



㋓





ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

# 第12講　確認テスト

1　問1　㋒　問2　㋑　問3　㋒　問4　㋒　問5　㋓

**【解説】**

問3　現象1では鉄球の重さによる圧力で，氷が融解したと考えられる。

問4　現象2は，高山では気圧が低く，沸点が低くなったためである。

問5　現象3は氷水に冷やされてまわりの空気中の水蒸気が凝縮したためである。